

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета радиотехники и электроники
 В.А. Небольсин /
И.О. Фамилия
31 августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Специальные вопросы микро- и нанотехнологий»
наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки (специальность)
11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА
код и наименование направления подготовки/специальности

Профиль (специализация)
МАТЕРИАЛЫ И УСТРОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
название профиля/программы

Квалификация выпускника магистратура

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2021

Автор(ы) программы


подпись Стогней О.В.

Заведующий кафедрой
физики твердого тела
наименование кафедры, реализующей дисциплину


подпись Ю.Е. Калинин

Руководитель ОПОП


подпись А.В. Костюченко

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у студента знаний, способствующих уверенной ориентации в области современных аспектов микро- и нанотехнологии, а также навыков в области создания новых наноразмерных объектов, наноструктур и наноструктурированных материалов.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- формирование специальных знаний в области нанотехнологий и объектов, получаемых с помощью нанотехнологий;
- знакомство с физическими причинами, приводящими к изменению свойств объектов нанотехнологий по сравнению с объемными материалами;
- знакомство с основными особенностями физических свойств наноструктурированных объектов, с методами и технологиями создания наноструктурированных и наноразмерных объектов; основными тенденциями развития микро- и наноэлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Специальные вопросы микро- и нанотехнологий» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Специальные вопросы микро- и нанотехнологий» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5 - Способность самостоятельно разрабатывать новые материалы, элементы, приборы и устройства функциональной электроники, работающих на новых физических принципах

ПК-1 - Способен аргументировано идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере электроники, проектирования, технологии изготовления и применения новых функциональных материалов и устройств

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-5	Знать: основные тенденции развития микро- и наноэлектроники; основные типы объектов, получаемых с помощью нанотехнологий.
	Уметь: понимать физическую суть и разбираться в технологических аспектах новых методов и технологий, освоение которых потребуется в будущей профессиональной деятельности.
	Владеть: навыками анализа и систематизации новой

	информации, касающейся различных аспектов нанотехнологии и объектов её реализации.
ПК-1	Знать: основные физические причины, приводящие к изменению свойств объектов нанотехнологии по сравнению с объемными материалами; основные особенности физических свойств наноструктурированных объектов; основные принципы нанотехнологий; методы и технологии создания наноструктурированных и наноразмерных объектов.
	Уметь: осуществить выбор методики и технологии при необходимости получения наноразмерных объектов или наноструктурированных материалов; качественно выбрать режимы технологического процесса для получения требуемых характеристик у формируемого наноструктурированного объекта; объяснить основные наблюдаемые эффекты в наноструктурах и наноматериалах с позиции фундаментальных физических взаимодействий.
	Владеть: навыками использования основных физических законов и принципов в важнейших практических приложениях; навыками прогнозирования структуры и свойств материалов исходя из анализа технологии их получения.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Специальные вопросы микро- и нанотехнологий» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	66	66
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
Самостоятельная работа	87	87
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Особенности нанотехнологий. Новые подходы в создании наноструктурированных материалов. Систематизация объектов полученных с помощью нанотехнологий.	6	2		14	22
2	Самосборка.	Основные особенности технологий, опирающихся на принцип самосборки. Методы получения неупорядоченных металлических сплавов. Критерии аморфизации. Влияние структурной неупорядоченности на физические свойства АМС.	6	2	4	20	32
3	Технологические аспекты получения наночастиц.	Наночастицы. Причины измененных свойств наночастиц. Классический и квантовый размерные эффекты. Энергетический спектр наночастиц. Методы и технологические приемы получения наночастиц.	8	4		15	27
4	Технологические аспекты получения объемных наноструктурированных материалов и их свойства.	Принципы и основные методы получения нанокристаллических материалов. Зависимости магнитных свойств нанокристаллических материалов от размера зерна. Влияние обменного взаимодействия на процессы перемангничивания нанокристаллических магнетиков. Технология получения магнитомягких (Finemet) и магнито жестких (NdFeB) нанокристаллических материалов. Закон Холла-Петча. Технология получения нанокompозитных и нанопористых материалов.	8	6	8	20	42
5	Нанотехнологии в микроэлектронике	Пути повышения разрешающей способности традиционных методов литографии. Литографические процессы: оптическая, рентгеновская, ионная, электронная. Оптическая литография высокого разрешения. Технология зондовой микроскопии. Зондовые методы	8	4		18	30

		литографии. Наноимпринтинг. Нанoeлектроника.					
Итого			36	18	12	87	153

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование температурной зависимости электросопротивления аморфных металлических сплавов при нагреве. Определение температуры кристаллизации
2. Исследование зависимости коэрцитивной силы нанокристаллических материалов от размера ферромагнитных зерен.
3. Туннельное магнитосопротивление нанокompозитов металл-диэлектрик.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-5	Знать: основные тенденции развития микро- и наноэлектроники; основные типы объектов, получаемых с помощью нанотехнологий.	Активная работа на лекциях и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: понимать физическую суть и разбираться в технологических аспектах новых методов и технологий, освоение которых потребуются в будущей	Написание коллоквиумов, прохождение тестов.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	<p>профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть: навыками анализа и систематизации новой информации, касающейся различных аспектов нанотехнологии и объектов её реализации.</p>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
ПК-1	<p>Знать: основные физические причины, приводящие к изменению свойств объектов нанотехнологии по сравнению с объемными материалами; основные особенности физических свойств наноструктурированных объектов; основные принципы нанотехнологий; методы и технологии создания наноструктурированных и наноразмерных объектов.</p>	<p>Активная работа на лекциях и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
	<p>Уметь: осуществить выбор методики и технологии при необходимости получения наноразмерных объектов или наноструктурированных материалов; : качественно выбрать режимы технологического процесса для получения требуемых характеристик у формируемого наноструктурированного объекта; объяснить основные наблюдаемые эффекты в наноструктурах и наноматериалах с позиции фундаментальных физических взаимодействий.</p>	<p>Написание коллоквиумов, прохождение тестов.</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
	<p>Владеть: навыками использования основных физических законов и принципов в важнейших практических приложениях; навыками прогнозирования структуры и свойств материалов исходя из анализа технологии их получения.</p>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-5	Знать: основные тенденции развития микро- и нанoeлектроники; основные типы объектов, получаемых с помощью нанотехнологий.	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь: понимать физическую суть и разбираться в технологических аспектах новых методов и технологий, освоение которых потребуется в будущей профессиональной деятельности.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть: навыками анализа и систематизации новой информации, касающейся различных аспектов нанотехнологии и объектов её реализации.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-1	Знать: основные физические причины, приводящие к изменению свойств объектов нанотехнологии по сравнению с объемными материалами; основные особенности физических свойств наноструктурированных объектов; основные принципы нанотехнологий; методы и технологии создания	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	наноструктурированных и наноразмерных объектов.					
	Уметь: осуществить выбор методики и технологии при необходимости получения наноразмерных объектов или наноструктурированных материалов; : качественно выбрать режимы технологического процесса для получения требуемых характеристик у формируемого наноструктурированного объекта; объяснить основные наблюдаемые эффекты в наноструктурах и наноматериалах с позиции фундаментальных физических взаимодействий.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть: навыками использования основных физических законов и принципов в важнейших практических приложениях; навыками прогнозирования структуры и свойств материалов исходя из анализа технологии их получения.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какой технологический фактор является наиболее важным при получении АМС методом спиннингования:

- газовая среда, в которой происходит затвердевание расплава;
- температура, до которой нагрет спиннингуемый расплав;
- скорость заковки расплава.

2. Чем химический ближний порядок отличается от топологического:
 - химический ближний порядок учитывает лишь те атомы, которые образуют химические связи друг с другом;
 - химический ближний порядок определяется числом ближайших атомов одного сорта;
 - химический ближний порядок, в отличие от топологического, учитывает лишь те атомы, которые входят в первую координационную сферу.
3. Величина электрического сопротивления аморфных металлических сплавов всегда:
 - меньше, чем у кристаллических аналогов такого же элементного состава;
 - не отличается от кристаллических аналогов, при условии одинакового элементного состава;
 - больше, чем у кристаллических аналогов такого же элементного состава.
4. Кристаллизация аморфного металлического сплава, проявляющего ферромагнитные свойства, приводит к :
 - увеличению коэрцитивной силы;
 - уменьшению коэрцитивной силы;
 - не сказывается на значении коэрцитивной силы.
5. В широком смысле под нанотехнологиями понимают:
 - зондовые технологии, позволяющие осуществлять по-атомную сборку объектов;
 - технологии, в основе которых лежит принцип самосборки объектов;
 - технологии, с помощью которых можно получать наноструктуры и наноструктурированные объекты.
6. Наночастица это:
 - объект, размеры которого не превышают 100 нм;
 - объект, в котором наблюдается размерный эффект;
 - объект, который получен с помощью зондовых технологий.
7. Верно ли утверждение? Нанокристаллический металл (имеется в виду не сплав, а именно чистый металл) представляет собой
 - двухфазную систему;
 - пористый материал;
 - материал с нанометровыми размерами.
8. В нанокристаллическом материале межзеренная граница:
 - пренебрежимо мала (толщина не более 1 нм), поэтому её влиянием на свойства материала можно пренебречь;
 - вследствие малого размера самих зёрен, занимает большую долю

объёма материала, поэтому её влияние на свойства материала велико;

- сформирована из тех же атомов, что и сами зёрна, следовательно это единый материал и говорить отдельно о влиянии границ зёрен на свойства материала неправильно.

9. С помощью каких технологий можно получить нанокристаллический материал?

- только с помощью зондовых нанотехнологий;

- в принципе любая технология, позволяет получить нанокристаллический материал, значения имеют параметры процесса;

- с помощью технологий, предполагающих постепенное уменьшение размера зёрен или диспергирование (мельницы, механосинтез, равноканальное угловое прессование, разбрызгивание расплава и т.п.).

10. Какой объект из перечисленных ниже является одномерным?

- нанотрубка, диаметром 2-3 нм;

- кластер, размером 5-10 нм;

- моноатомный слой графена.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. В чем суть дифракционных методов исследования структуры аморфных сплавов?

2. Чем отличается рентгенограмма, полученная от аморфного сплава, от рентгенограммы, полученной от кристаллического сплава?

3. Чем структурная модель СПУТС отличается от других моделей структуры аморфных сплавов?

4. Какие экспериментальные факты легли в основу «кристаллической» модели структуры аморфных сплавов?

5. Чем «химический ближний порядок» отличается от «топологического»?

6. Какую информацию можно получить на основе анализа ФРР?

7. Какие аморфные сплавы характеризуются высокой коррозионной стойкостью?

8. Как меняется удельное сопротивление аморфного сплава при кристаллизации?

9. Что на практике означает фраза «упругие модули аморфных сплавов по величине меньше, чем упругие модули кристаллических аналогов»?

10. Что нужно чтобы аморфный сплав обладал высокой коррозионной стойкостью?

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Как влияет аморфизация на температуру Кюри ферромагнетика? Что такое температура Кюри?

2. Что происходит с температурой Кюри при кристаллизации

аморфного сплава?

3. Ленты какого размера (ширина, толщина) получают с помощью метода спиннингования расплава?
4. Какой знак имеет ТКС у аморфных сплавов?
5. Основное условие, которое необходимо выполнить для получения аморфной структуры при напылении пленки?
6. Какие свойства аморфных сплавов делают их предпочтительными при изготовлении магнитопроводов (например, сердечники трансформаторов)?
7. Основная причина, которая определяет более высокую упругость (отсутствие пластической деформации) аморфных сплавов по сравнению с кристаллическими.
8. Что такое эвтектический аморфный сплав?
9. Чем релаксация отличается от кристаллизации?
10. Какие средние скорости закалки реализуются в методах спиннингования расплава?

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Основные причины отличия свойств наночастиц от свойств объемных материалов.
2. Особенности физических свойств наночастиц, отличающиеся от свойств массивных объектов.
3. Химические свойства наночастиц.
4. Особенности магнитных свойств наночастиц (критический размер, доменная структура, суперпарамагнетизм наночастиц).
5. Базовые принципы формирования НЧ. Методы получения наночастиц: метод кластерных пучков, аэрозольный метод (газофазный синтез), распыление жидкого расплава.
6. Базовые принципы формирования НЧ. Методы получения наночастиц: осаждение из коллоидных растворов, термическое разложение и восстановление, механосинтез (чем механосинтез отличается от механического измельчения).
7. Структурные особенности объемных нанокристаллических материалов. Причины измененных свойств нанокристаллов.
8. Механические свойства НКМ, закон Холла-Петча.
9. Магнитные свойства НКМ, зависимость коэрцитивной силы НКМ от размера зерна.
10. Магнитожесткие НКМ NdFeB. Влияние двухфазности и межзеренного обменного взаимодействия на кривые перемагничивания НКМ NdFeB.
11. Магнитомягкие нанокристаллические сплавы FINEMET (FeCuNbSiB).
12. Методы получения НКМ.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент не ответил ни на один вопрос.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент ответил на один вопрос и дополнительные качественные вопросы.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент ответил на два вопроса и дополнительные качественные вопросы.

Оценка «Отлично» ставится, если студент ответил на три вопроса по билету и дополнительные вопросы.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ПК-5, ПК-1	Тест, коллоквиум, зачет
2	Самосборка.	ПК-5, ПК-1	Тест, коллоквиум, защита лабораторных работ, зачет
3	Технологические аспекты получения наночастиц.	ПК-5, ПК-1	Тест, коллоквиум, зачет
4	Технологические аспекты получения объемных наноструктурированных материалов и их свойства.	ПК-5, ПК-1	Тест, коллоквиум, защита лабораторных работ, зачет
5	Нанотехнологии в микроэлектронике	ПК-5, ПК-1	Тест, коллоквиум, зачет

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Коллоквиумы проводятся в виде письменных ответов на предложенные качественные вопросы. Обычно в одном коллоквиуме предлагается ответить на 15 – 19 вопросов. Время написания 45 мин, после чего коллоквиумы проверяются преподавателем. Оценка за коллоквиум выставления согласно методики оценки при проведении промежуточной аттестации. После проверки результатов и их анализа проводится обсуждение результатов коллоквиума с анализом неправильных ответов.

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 40 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором, выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации. После этого проводится обсуждение полученных результатов в режиме вопрос-ответ, с анализом неправильных ответов.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под редакцией Ю. П. Солнцева. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ 2020. — 336 с. [Текст : электронный] // Цифровой образовательный ресурс IPFSMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/97818.html>
2. А.И.Гусев Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии – М. Физматлит, 2009. – 416 с.
3. В.Н.Лозовский Нанотехнологии в электронике : Введение в специальность: учеб. пособие. - СПб. : Лань, 2008. - 336 с.
4. В.Н.Ткачук, Ю.А. Перцев Материаловедение и нанотехнологии Учеб. пособие. - Воронеж : Кварта, 2007. - 111 с.
5. О.В.Стогней Физика аморфных металлических сплавов: учебно-пособие. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. – 139 с.
6. И.В.Золотухин, О.В.Стогней Физика наносистем: графены и гранулированные нанокомпозиты: учебное пособие. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011. – 226 с.
7. Д.М.Мартинес-Дуарт Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники : учебники. - М. : Физматлит, 2009. - 368 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Электронная информационная образовательная среда ВГТУ, код доступа:

<http://eios.vorstu.ru/>

Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и аудиторной работы:

Операционные системы семейства MSWindows;
Пакет программ семейства MS Office;
Пакет офисных программ OpenOffice;
Программа просмотра файлов Djview;
Программа просмотра файлов формата pdf AcrobatReader;
Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome.

Используемые электронные библиотечные системы:

Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL», код доступа:
<http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/>;

Университетская библиотека онлайн, код доступа: <http://biblioclub.ru/>;
ЭБС Издательства «ЛАНЬ», код доступа <http://e.lanbook.com/>;

ЭБС IPRbooks, код доступа: <http://www.iprbookshop.ru>;
научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, код доступа:
<http://elibrary.ru/>.

Информационные справочные системы:

портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, код доступа <http://fgosvo.ru>;

единое окно доступа к образовательным ресурсам, код доступа <http://window.edu.ru/>;

открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ, код доступа <http://online.mephi.ru/>;

открытое образование, код доступа: <https://openedu.ru/>;

физический информационный портал, код доступа:

<http://phys-portal.ru/index.html>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оснащенная доской, экран, видеопроектор.

Лабораторные работы проводятся в учебно-научных лабораториях кафедры ФТТ, оснащенных необходимым оборудованием и приборами (020, 024, 026а).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Специальные вопросы микро- и нанотехнологий» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия, проводится самостоятельная работа студентов.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков в области анализа и прогнозирования свойств наноструктурированных материалов. Занятия проводятся в режиме диалога и обсуждения наиболее сложных вопросов в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов,

	терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных работ для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, разобраться по методическому указанию, что и с какой целью предстоит делать на лабораторной работе.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.